

個人の経路変更可能性に着目した動的地区交通シミュレーションモデルの開発*

The Development of Traffic Simulation Model for Personal Route Change Possibility*

菊池守久** 坂本邦宏*** 久保田尚****

By Morihisa KIKUCHI, Kunihiro SAKAMOTO, Hisashi KUBOTA

1. はじめに

(1) 背景と目的

近年、交通渋滞等の交通インパクトの評価手法としてシミュレーション技法が盛んに利用されてきている。しかし、これまでに確立された交通シミュレーションに用いられている交通量算出手法は広域的な道路ネットワークを対象とした物が多く、また自動車運転者の挙動、人間工学的データや選好意識に関するデータも十分に蓄積されていないのが現状である。本研究は埼玉大学で開発を続けている、tiss-NET (traffic impact simulation subsystems for road NEtwork)¹⁾に動的経路変更の概念²⁾を採用し、時々刻々変化する交通状況による途中経路変更など運転者個人の経路選択行動を表現することによって、現実的でミクロな交通状況の再現を可能にすることが目的である。

(2) 交通流シミュレーションの現状と課題

これまで多くの交通シミュレーションモデルが開発されてきている。交通シミュレーションモデルは大きく3つのモデルに分けられる。追従方程式を用い車両1台1台の挙動を扱うミクロモデル、K-V (Q-V) 曲線等を用い交通流を流体として扱うマクロモデル、さらにこれら両者の概念を融合したハイブリッドモデルである。

これらのモデルの中には、自動車運転者が交通状況やその他の理由によって走行経路を逐次変更する

といった経路選択モデルを有するものも少なくない。代表的なシミュレーションモデルとしては、AVENUE³⁾、森津モデル⁴⁾、ボックスモデル⁵⁾等が挙げられる。AVENUEでは目的地情報をもつ離散車両を流体近似した交通量に従って移動させるハイブリッドブロック密度法で交通流を管理され、一定間隔毎に経路探索を行ない各車両はその結果から最短経路を走行する。森津モデルでは経路選択行動モデルとして、目的地までの所要時間に基づき最短時間経路を走行する経路選択モデルと、リンク走行終了時に経路決定時の想定時間と実走行時間との差を経路変更の要因とする経路変更モデルの2つに分けることができる。ただし、経路選択モデルでは予定経路と代替経路の時間差が小さい時には経路変更の可能性が低いとしている。また、ボックスモデルは、運転者の経路選択をシミュレートする経路選択シミュレーションと道路上の交通流を再現するフローシミュレーションとで構成されている。経路選択シミュレーションにおいて、運転者は自らが予測する各リンクの走行費用に基づき経路途上の全ノードにおいて現在位置から目的地までの経路走行費用が最小となる経路を選択する。一般的にシミュレーションモデルにおける経路選択モデルは、車両がネットワークを走行中に任意のノードにおいてその場所から目的地までの時間(コスト)が最小となる経路を選択する。この際に用いる旅行時間(コスト)は一定時間間隔で算出されている。また対象となる経路に関しては、各OD間においてあらかじめ設定しておきその中から最短経路を探索するモデルもある。さらに個人特性を考慮し、運転者を常に同一の経路を走行する経路固定層、旅行時間によって経路を変更する経路選択層等に区別したモデルも開発されている。

このように、既存モデルでは目的地までの旅行時

* キーワード: 経路選択、ネットワーク交通流

** 学生会員 埼玉大学大学院

浦和市下大久保 255

TEL 048-855-7833 FAX 048-855-7833

*** 正会員 工学修士 埼玉大学工学部

浦和市下大久保 255

TEL 048-858-3549 FAX 048-855-7833

**** 正会員 工学博士 埼玉大学工学部

浦和市下大久保 255

TEL 048-858-3554 FAX 048-855-7833

間（コスト）を経路選択・経路変更の要因として用いているものが多い。しかし自動車運転者の経路選択行動は、運転者の個人特性、交通状況、さらには道路幅員など様々な要因が複雑に関係しあっているものと考えられる。また経路選択モデルで対象となるネットワークは、存在する全ての道路もしくはシミュレーション制作者があらかじめ意図的に選んだ道路で構成される。このため個々の自動車運転者が存在を知らない道路を選択することとなったり、実際の走行では使用されている道路がネットワークに存在されていないといったケースが生じる可能性もある。

本研究で目的としているミクロな経路選択を再現するためには、車両 1 台 1 台の挙動を表現することが重要となってくる。そこで以上に挙げた矛盾を解決し、より現実に近い交通状況を再現するモデルを以下に示す。

2. 動的経路変更の概念

(1) 基本概念

先述した通り、従来のシミュレーションモデルでは出発地において経路が決定されると目的地まで経路が変更されることがない等、いくつかの矛盾点が挙げられる。そこでこの問題を解決するため本研究では図-1 に示すフローに基づいた、「ネットワークの選択性」という概念を用いて旅行中に運転者が道路状況等の要因により全ノードにおいて接続リンクの利用可能性を判断し、個々の車両の走行経路を決定する動的経路変更モデルを提案する。このモデルは「初期経路利用判別モデル」と「選択可能リンク判別モデル」から構成されている。

各車両は初期経路に基づいてトリップを開始する。「初期経路利用判別モデル」により、各車両が経路変更可能なノード（Changeable Point 以下 CP）に到着すると、そのノードにおいて、初期経路とされているリンクについて交通状況と道路構造を経路決定要因として使い、そのリンクが運転者にとって利用可能（認知可能）リンクかどうかの判断を行なう。この結果、初期経路が利用可能であれば経路を変更することがない。しかし初期経路が利用不可能とされた場合、「選択可能リンク判別モデル」を用

いて対象ノード（CP）から初期経路リンクを削除し残りの接続リンクそれぞれに対し利用可能かどうかの判断を行なう。その結果、利用可能リンクが 1 本であればその経路を利用することになるが、2 本以上であればそれらのリンクに対して初期経路決定手法と同様、ダイクストラ法により最短経路を算出し利用リンクを決定する。例外として利用可能経路が存在しないと判断された場合には、便宜上初期経路を走行するものとする。

この操作を各ノードで繰り返し、各車両が目的地に到着した時点で終了する。つまり本モデルでは従来の経路選択モデルのような、OD 間の選択肢という考えは存在しない。OD が同じ場合でも、車両によって全く異なった経路を走行して目的地に到着する場合がある。また、時間以外の要因によって走行経路を決定するため運転者の経路認知など個人特性が表現可能であり、各車両のおかれている交通状況に応じて途中経路変更を行なうことにより、全ての車両が最短時間経路のみを走行するという矛盾を解決することができる。

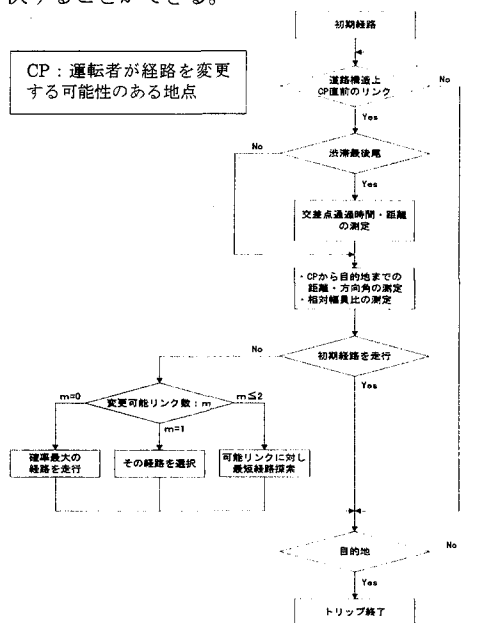


図-1 動的経路変更モデルのフロー

(2) 動的経路変更要因

動的経路変更モデルを構築するにあたり、非集計分析におけるモデルの推定を行なう。ここではその時用いた説明変数について解説する。

① 個人特性

自動車運転者の目的地周辺への来訪回数、運転免許保有期間、自動車運転期間、運転頻度を用いた。

② 相対幅員比

現在走行しているリンクの道路幅員（ a ）に対する走行予定リンクの道路幅員（ b ）を相対幅員比（ b/a ）とした。

③ 方向角と距離

方向角は対象交差点を基準として車両の走行予定方向と目的地までの触れ角で表す。また距離とは対象交差点から目的地までの直線距離を用いる。

④ 交差点通過時間と交差点通過距離

車両がリンクを走行中、リンク端部の交差点の信号や、先詰まりによる待ち行列の最後尾につくことで停止することがある。このような場合、車両が停止した地点から交差点までの距離を交差点通過距離、その時に要した時間を交差点通過時間とする。

⑤ 先詰まり状況

運転者自身が判断できる範囲において、対象交差点を通過した後の走行予定リンクの交通状況が、先詰まりを生じていないかどうかを判別する。

3. 動的経路変更モデルの構築

(1) 走行実験

動的経路変更モデルを構築するにあたり 1997 年 1 月に走行実験を行なった。実験地区は、埼玉大学一浦和駅（4.5km）、埼玉大学一大宮駅（4.4km）、埼玉大学一志木駅（5.3km）、の 3OD 区間とした。被験者は埼玉大学の学生 7 人で、走行前に 2 章で述べた個人属性のアンケート、対象地区についての認知地図を作成してもらい、走行後に経路変更のあった個所について再度認知地図に記入してもらった。3 種類の OD に対し 34 トリップのデータを取得した。実験から取得したサンプルは、対象交差点数が 315 交差点、対象リンク数が 706 リンクであった。このうち、初期経路利用判別モデルの構築に使用したデータ数が 279 リンク、選択可能リンク判別モデルの構築に使用したデータ数が 35 交差点、92 リンクである。

モデルの構築にあたり、非集計分析を用いたパラメータの推定を行なった。推定結果を以下に示す。

(2) 初期経路利用判別モデル

運転者が交差点において「予定経路を利用する、予定経路を利用しない、のどちらかを選択する」という 2 項ロジットモデルの構築を行なった。モデルに影響を与える要因として「先詰まり状況」「方向角」「自動車運転期間」「自動車運転頻度」が挙げられた。パラメータ推定結果を表-1 に示す。

表-1 初期経路利用判別モデルのパラメータ推定結果 (1)

	パラメータ	t 値
先詰まり状況	2.610	2.82
方向角	0.042	4.10
自動車運転期間	-0.160	-2.04
自動車運転頻度	-0.013	-2.04
定数項	0.535	0.15
ρ^2 (尤度比)	0.314	
的中率	89.9	

この表から t 値、尤度比ともに満足のいく推定結果であると考えられる

(3) 選択可能リンク判別モデル

初期経路利用判別モデルによって初期経路を利用しないと判断された場合、対象ノードに接続している各リンクに対して「利用する、利用しない、のどちらかを選択する」という 2 項ロジットモデルの構築を行なった。モデルに影響を与える要因として「方向角」「相対幅員比」「自動車運転期間」「自動車運転頻度」が挙げられた。パラメータ推定結果を表-2 に示す。

表-2 選択可能リンク判別モデルのパラメータ推定結果 (1)

	パラメータ	t 値
方向角	0.402	4.07
相対幅員比	-0.008	-0.79
自動車運転期間	-0.082	0.83
自動車運転頻度	-0.008	-1.01
定数項	1.335	0.29
ρ^2 (尤度比)	0.314	
的中率	89.9	

この表から t 値が低いことが分かる。これは予定経路の変更というサンプルが少なかったこと、「志木駅一埼玉大学」間において、運転者の多くが道を間違えてしまったため、データが偏ったことに原因があると考えられる。

4. シミュレーションモデルの開発

(1) tiss-NET の概要

tiss-NET は地区交通計画を対象としたミクロな交通状況を再現することを目的としている。このシ

システムは道路を「コンパートメント」と定義した長さ 5m の単位に分割し、個々のデータを持った車両が各コンパートメント間でデータを移動させることで車両の移動を表現しているイベントスキャン型のミクロシミュレーションモデルである。

(2) 動的経路変更モデルの組み込み

初期経路利用判別モデル、選択可能リンク判別モデルを tiss-NET に組み込むに当り、シミュレーションの実行時にかかる計算量を削減する等の理由からモデルの簡略化を行なった。各モデルには個人属性を説明変数として用いたが、今回は動的経路変更モデルから個人属性を削除した。しかし、将来的に個人属性の考慮が可能になることを考え導入可能なプログラムを構築した。表-3、4 に個人属性を削除した各モデルのパラメータ推定結果を示す。

表-3 初期経路利用判別モデルのパラメータ推定結果 (2)

	パラメータ	t 値
先詰まり状況	2.381	2.84
方向角	0.042	4.12
定数項	-6.711	-5.04
ρ^2 (尤度比)	0.269	
的中率	91.4	

表-4 選択可能リンク判別モデルのパラメータ推定結果 (2)

	パラメータ	t 値
方向角	0.386	4.03
相対幅員比	-0.005	0.57
定数項	-3.050	-2.50
ρ^2 (尤度比)	0.431	
的中率	87.7	

両モデルとも個人属性を考慮したパラメータ推定結果と比べて、定数項の t 値以外に大きな変化がみられないことから個人属性を除いたモデルをシミュレーションに組み込むとしても大きな影響が無いと考えられる。

(3) シミュレーション結果

図-2 のネットワークにおけるシミュレーション結果を表-5 に示す。まず CP であるノード(b)においてリンク A が初期経路として認知された。このシミュレーションではノード(a)において右折による待ち行列が生じるよう図-2 点線矢印の OD を発生させた。選択可能リンク判別モデルにおいて相対幅員比の t 値が低いこともあり、相対幅員比による経路変更車両の変化はみられなかった。またシミュレーションが進むにつれノード(a)での待ち行列の影響

により初期経路であるリンク A からリンク B を選択した車両が多く見られた (図-3)。

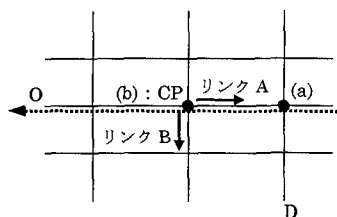


図-2 ネットワークと選択リンク

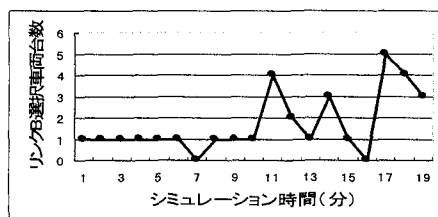


図-3 時間別経路変更台数

表-5 シミュレーション別経路交通流率 (台/時間)

	既存モデル	経路変更モデル
リンク A	306	189
リンク B	0	96

5. おわりに

本モデルを構築し既存シミュレーションモデルに組み込むことによって、自動車運転者のリンク認知と動的経路変更を考慮した車両 1 台 1 台のミクロな交通行動を交通流シミュレーションで再現することが可能となった。しかしモデルのパラメータ推定結果は満足のいく結果が得られたとはいえない。

今後はモデルの再検討と共に、個人属性を考慮に入れた動的経路変更モデルを構築していくことが課題として考えられる。

参考文献

- 坂本邦宏、高橋伸夫、久保田尚；セクションを利用した地区交通のための交通インパクト評価システムの開発、土木計画学研究・講演集 No.20 (1), 1997.11
- 岩崎伸昭、久保田尚、坂本邦宏、高橋伸夫；交差点での個人の経路変更可能性に着目した経路選択モデル、土木計画学研究・講演集 No.18 (2), pp.509-512, 1995.12
- 森津秀夫、中島正樹；動的経路誘導のための経路選択行動モデルに関する一考察、土木計画学研究・講演集, No.19 (2), 1996.11
- 堀口良太、片倉正彦、赤羽弘和、桑原雅夫；ハイブリッドブロック密度法を用いた都市街路網の交通流シミュレータの開発：AVENUE、土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集 第 4 部, pp.760-761, 1994.9
- 飯田恭敬、藤井聡、内田敬；道路網における経路選択を考慮した動的交通流シミュレーション、土木学会論文集 No.536/IV-31, pp.37-47, 1996.4